Münster.1933.№ 3 Med Diss.

Aus dem Pharmakologischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster (Westf.)
(Direktor: Professor Dr. Freund.)

Ueber die Beeinflußung der Dehydrierungsvorgänge durch Fluorid, Oxalat und Bromazetat.

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster (Westf.)

vorgelegt von

Rudolf Baehrens, Zahnarzt
aus Neuß a. Rh.

1 / 9 / 3 / 2

Gedruckt in der Dissertationsdruckerei Robert Kleinert, Quakenbrück.

Dekan: Professor Dr. v. Szily.
Referent: Privatdozent Dr. Haarmann.
Korreferent: Professor Dr. Freund.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster (Westf.)

Meiner lieben Mutter!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546201_0130

Die Milchsäurebildung im Gewebe wird durch Fluorid, Oxalat und Bromazetat in höheren Konzentrationen stark gehemmt. Setzt man die Konzentration herunter, dann geht bei einer gewissen Dosierung die hemmende Wirkung auf die Milchsäurebildung verloren und schlägt, wie Haarmann in noch unveröffentlichten Versuchen zeigte, in eine die Mlichsäurebildung fördernde Wirkung um. Parallel mit der Milchsäurebildung lassen sich eine Reihe intermediärer Vorgänge des Kohlehydratstoffwechsels durch verschiedene Gifte beeinflussen, wie aus den Untersuchungen von Haarmann und Mitarbeitern hervorgeht. Es war die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, die Untersuchungen über den Einfluß der drei genannten Verbindungen auf die Milchsäurebildung zu ergänzen, und zwar zu prüfen, ob und in welcher Weise die verschiedenen Konzentrationen der drei Stoffe die Dehydrierungsvorgänge beeinflussen, die ja als vorbereitende Reaktionen für den Zuckerabbau anzusehen sind.

Methodik.

Als Maß für die Größe der Dehydrierungsvorgänge im Gewebe wurde die Thunbergsche Methylenblaumethode angewandt. Auf Einzelheiten der Versuchstechnik braucht hier nicht näher eingegangen zu werden. Als Versuchsmaterial wurde Skelettmuskulatur, Herzmuskulatur, Niere und Hirn von Kaninchen, Hund und Meerschweinchen benutzt. Je nach der untersuchten Dehydrierungsreaktion diente ungewaschenes oder dreimal mit destilliertem Wasser extrahiertes Gewebe als Material. Untersucht wurde die Einwirkung von Fluorid, Oxalat und Bromazetat auf die Methylenblauentfärbung. Die Stammlösungen der Salze enthielten $^4/_{10}$ m Lösungen von Natriumfluorid, Kaliumoxalat und Monobromessigsäure. Aus diesen Stammlösungen wurden die weiteren Verdünnungen hergestellt, indem jeweils ein Teil der konzentrierten Lösungen mit 9 Teilen Wasser verdünnt wurde. Das verwandte Gewebe wurde sorgfältig von Fett, Sehne und Fascie befreit und mit der Schere auf einem Uhrglas fein zerschnitten. Die

Versuchsansätze hatten folgende Zusammensetzung: 0,2 g Gewebe, 0,4 ccm Methylenblaulösung, 0,6 ccm Flüssigkeit. In den Versuchen, in denen der Einfluß von Fluorid, Oxalat und Bromazetat untersucht wurde, wurden statt 0,6 ccm Wasser 0,3 ccm der genannten Verbindungen in verschiedener Konzentration und 0,3 ccm Wasser den Versuchsansätzen hinzugegeben. Die Konzentration an Fluorid, Oxalat und Bromazetat beträgt mithin ¼ der Zusätze. In Zusatzversuchen, in denen der Abbau bestimmter Brennstoffe untersucht wurde, wurden statt 0,3 ccm Wasser 1proz. Lösungen der Natriumsalze von Milchsäure, Bernsteinsäure, Hexosediphosphorsäure, Glyzerinphosphorsäure, und 1proz. Lösungen von Glukose bezw. Glykogen benutzt. In jedem Falle kam auf 0,2 g Gewebe 1 ccm Suspensionsflüssigkeit. Die Konzentration der verwendeten Methylenblaulösung betrug 1 : 2000 bei Untersuchung von unausgewaschenem Gewebe, 1 : 5000 bei ausgewaschenem Gewebe. Das Methylenblau wurde in einer Phosphatpufferlösung von der Wasserstoffzahl Ph = 7,0 und einem Phosphatgehalt von m = 7,5 — PO_4 gelöst. Durch die Pufferwirkung wird eine Uebersäuerung des Gewebes vermieden, wodurch die Fermentreaktionen gehemmt werden könnten.

Versuchsergebnisse.

Versuchsreihe 1.

In Versuchsreihe 1 wurde der Einfluß auf die Summe aller Dehydrierungsfermente untersucht, die den Abbau der im Gewebe enthaltenen Nährstoffe in die Wege leiten. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Die Versuche zeigen klar die gegensätzliche Wirkung hoher Konzentrationen und starker Verdünnungen etwa im Sinne der von Arndt-Schulz' aufgestellten Regel. Der fördernde Einfluß auf die Methylenblauentfärbung ist bei allen drei untersuchten Verbindungen bereits bei einer Konzentration von $1 \cdot 10^{-9}$ nachweisbar. Das Optimum der Förderung liegt bei Fluorid und Oxalat bei einer Konzentration von $1 \cdot 10^{-3}$, beim Bromazetat von $1 \cdot 10^{-5}$. Bei ansteigender Konzentration geht diese Förderungswirkung über einen Indifferenzpunkt, bei dem keine Einwirkung festzustellen ist, in eine Hemmungswirkung über, die bei Fluorid und Bromazetat sehr stark, bei Oxalat geringer ist.

Tabelle 1.

(Ohne Zusatz.)

Entfärbungszeit in Minuten.

Konz. d. Lösung:	Fluorid:		Oxalat:		Bromazetat:	
Kontroll-Versuch:	115	116	128	142	32	52
1 . 10^{-9}	90	92	125	135	28	48
1 . 10^{-8}	90	90	119	130	26	47
1 . 10^{-7}	90	90	118	129	26	47
1 . 10^{-6}	90	91	118	121	25	46
1 . 10^{-5}	90	90	112	124	23	43
1 . 10^{-4}	90	90	112	122	25	44
1 . 10^{-3}	36	38	73	87	31	51
1 . 10^{-2}	37	39	85	97	37	60
1 . 10^{-1}	239	242	176	185	240	240

Organ: unausgewaschener Muskel.

Versuchstier: Kaninchen.

Versuchsreihe 2.

In Versuchsreihe 2 wurde die Dehydrierung der Milchsäure, des Endproduktes des anaëroben Kohlehydratabbaues untersucht. Durch Zusatz von Na-Laktat wurden die Abbaubedingungen für die Milchsäure durch Erhöhung der Konzentrationen günstig gestaltet, indem der Abbau der übrigen im Gewebe enthaltenen Brennstoffe zurückgedrängt wurde. Die Ergebnisse sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Die Versuche mit Laktatzusatz ergeben ein ähnliches Bild wie die Versuche ohne Zusatz. Alle drei Verbindungen beschleunigen auch hier in den starken Verdünnungen die Methylenblauentfärbung, hemmen sie dagegen in stärkeren Konzentrationen. Die Hemmungswirkung von Bromazetat ist bereits bei 1 . 10^{-3} stark ausgeprägt, bei Fluorid bei 1 . 10^{-2} angedeutet und bei Oxalat erst bei der stärksten Konzentration nachweisbar. In aequimolekularer Lösung von 1 . 10^{-2} beschleunigt Oxalat die Dehydrierung der Milchsäure, Fluorid ist wirkungslos, während Bromazetat bereits sehr stark hemmt.

Tabelle 2.
(Na-Laktat.)
Entfärbungszeit in Minuten.

Konz. d. Lösung:	Fluorid:		Oxalat:		Bromazetat:	
Kontroll-Versuch:	16	18	102	122	70	52
$1 . 10^{-9}$	16	18	99	115	69	53
$1 . 10^{-8}$	16	18	99	115	59	48
$1 . 10^{-7}$	16	18	99	114	59	45
$1 . 10^{-6}$	15	16	98	112	59	47
$1 . 10^{-5}$	12	14	97	111	61	48
$1 . 10^{-4}$	12	14	93	110	68	48
$1 . 10^{-3}$	14	16	87	108	85	70
$1 . 10^{-2}$	18	21	53	105	227	215
$1 . 10^{-1}$	22	25	150	162	240	226

Organ: unausgewaschener Muskel.

Versuchstier:	Meerschweinchen	Kaninchen	Kaninchen

Versuchsreihe 3.

In der dritten Versuchsreihe wurde der Abbau des Glykogens unter der Einwirkung von Fluorid, Oxalat und Bromazetat verfolgt.

Der Abbau des Glykogens durch Dehydrierung setzt nicht direkt am Glykogenmolekül ein. Es wird vielmehr erst über eine Reihe von Zwischenstufen über einfache Zucker und über diese zu Verbindungen mit drei Kohlenstoffatomen — den Triosen — anaërob abgebaut. Das Endprodukt des anaëroben Kohlehydratabbaues — die Milchsäure — entsteht aus dem Methylglyoxal, das von Neuberg als Durchgangsform beim Kohlehydratabbau nachgewiesen wurde. Die Dehydrierung der aus dem Glykogen entstandenen Stoffe kann beim Methylglyoxal oder bei der aus ihm entstandenen Milchsäure einsetzen. Das Dehydrierungsprodukt ist in jedem Falle die Brenztraubensäure.

Aus den Versuchsergebnissen, die in Tabelle 3 zusammengestellt sind, geht hervor, daß das Fluorid beim Glykogenabbau dem Oxalat und Bromazetat gegenüber eine Sonderstellung ein-

nimmt. Während Oxalat und Bromazetat bei den niederen Konzentrationen den Glykogenabbau beschleunigen, bei den höheren herabsetzen, ist ein Einfluß von Fluorid bei keiner Konzentration weder im fördernden noch im hemmenden Sinne feststellbar. Da der Abbau der Milchsäure durch Fluorid wie in Versuchsreihe 2 gezeigt wurde, in m/10-Lösung herabgesetzt ist, kann man daraus den Schluß ziehen, daß der Abbau des Glykogens nicht über die Milchsäure erfolgt sein kann. Damit stimmen die Versuche von Haarmann[1]) überein, in denen gezeigt wird, daß auch die Milchsäurebildung aus Glykogen durch die drei untersuchten Verbindungen bei höherer Konzentration unterdrückt wird.

Es muß also einen zweiten unbekannten Abbauweg des Glykogens geben, der nicht über die allgemein angenommenen Zwischenstufen — Methylglyoxal und Milchsäure — geht und der durch Natriumfluorid nicht unterbrochen wird. In diesem Sinne sprechen auch andere Versuche von Haarmann besonders an der Muskulatur von Herz, Zwerchfell und am Hirn, die Glykogen abbauen, aber nicht zur Milchsäure[2]). Diese noch unbekannten Abbauvorgänge werden durch Oxalat und Bromazetat bei höheren Konzentrationen stark gehemmt, während Fluorid sie vollkommen unbeeinflußt läßt.

Tabelle 3.

(Glykogen.)

Entfärbungszeit in Minuten.

Konz. d. Lösung:	Fluorid:		Oxalat:		Bromazetat:	
Kontroll-Versuch:	36	29	74	61	131	137
$1 . 10^{-9}$	36	30	70	58	133	142
$1 . 10^{-8}$	36	29	70	58	132	139
$1 . 10^{-7}$	36	29	64	54	108	120
$1 . 10^{-6}$	36	29	62	50	120	126
$1 . 10^{-5}$	36	29	61	50	120	128
$1 . 10^{-4}$	36	29	64	54	129	136
$1 . 10^{-3}$	36	29	64	54	144	150
$1 . 10^{-2}$	36	29	65	54	193	200
$1 . 10^{-1}$	36	28	122	96	236	240

Organ: unausgewaschener Muskel.

Versuchstier: Kaninchen.

[1]) Haarmann: Biochem. Z. (im Druck).
[2]) Haarmann: Biochem. Z. 255, 142, 1932.

Versuchsreihe 4.

Zur Untersuchung des Glukoseabbaues ist Skelettmuskulatur nicht sehr geeignet, weil sie Glukose nur in ganz geringem Umfange abbaut[3]). Es wurde deshalb Herzmuskulatur verwandt, Niere und Hirngewebe zu den Versuchen herangezogen, die in erster Linie Glukose abbauen.

Nach Warburg „Ueber den Stoffwechsel der Tumoren"[4]) und Bumm und Fehrenbach[5]) ist der Mechanismus des Glukoseabbaues verschieden. Alle Organe mit Ausnahme von Hirn, Lunge und Tumorgewebe bauen die Glukose über die Hexosephosphorsäureverbindung ab. Bei Hirn, Lunge und Tumorgewebe erfolgt keine intermediäre Phosphorsäureesterbildung. Phosphat ist also hier für den Glukoseabbau nicht obligat.

Ein unterschiedliches Verhalten von Fluorid, Oxalat und Bromazetat auf den Abbau der Glukose im Hirngewebe konnte Haarmann nachweisen. Fluorid und Bromazetat unterdrücken die Milchsäurebildung aus Glukose und den Glukoseabbau überhaupt[6]), während Oxalat eine Sonderstellung einnimmt, indem es die Milchsäurebildung wohl einschränkt, aber nicht aufhebt. In den Organen jedoch, in denen der Glukoseabbau über die Phosphatester geht, wird die Milchsäurebildung auch durch Oxalat gehemmt.

Meine Versuche sind eine Stütze für die Befunde Haarmanns. Bei Herz und Niere verhalten sich alle drei Stoffe gleichsinnig, indem sie den Glukoseabbau bei höheren Konzentrationen hemmen, bei niederen Konzentrationen beschleunigen, ganz anders bei Hirngewebe. Die Sonderstellung des Oxalats kommt hier sehr deutlich zum Ausdrucke. Fluorid und Bromazetat verhalten sich auch bei Hirngewebe wie bei Herz und Niere. Oxalat dagegen fördert bei der stärksten Konzentration den Glukoseabbau ganz erheblich, bei den höheren Verdünnungsgraden ist es ohne Einfluß, während es bei mittleren Konzentrationen hemmt. Oxalat einerseits und Fluorid und Bromazetat andererseits verhalten sich also genau umgekehrt.

---

[3]) Haarmann: Biochem. Z. 255, 103, 1932 und 255, 142, 1932.

[4]) Warburg: „Ueber den Stoffwechsel der Tumoren", Berlin, Springer 1926.

[5]) Bumm u. Fehrenbach: Hoppe-Seylers Z. für physiol. Chem. 193, 238, 1930; 195, 101, 1931.

[6]) Haarmann: Biochem. Z. (im Druck).

Tabelle 4.

(Glukose.)

Entfärbungszeit in Minuten.

Konz. d. Lösung:	Fluorid:				Oxalat:				Bromazetat:			
Kontroll-Versuch:	68	59	25	24	35	35	18	18	27	27	31	26
1 . 10^{-9}	36	21	25	24	28	28	18	18	22	21	27	22
1 . 10^{-8}	36	24	25	24	28	28	18	18	22	21	27	22
1 . 10^{-7}	36	24	25	24	28	28	19	18	22	22	27	22
1 . 10^{-6}	43	41	25	24	29	28	20	18	22	20	28	22
1 . 10^{-5}	54	41	22	21	28	28	25	19	20	23	28	22
1 . 10^{-4}	60	50	23	22	33	34	20	28	23	25	28	23
1 . 10^{-3}	60	50	24	24	33	34	20	20	27	26	29	24
1 . 10^{-2}	63	57	25	24	38	38	20	19	39	39	32	26
1 . 10^{-1}	82	59	37	36	49	49	12	13	90	100	62	58
Organ:	Herz		Gehirn		Herz		Gehirn		Herz		Gehirn	
Versuchstier:	Hund		Hund		Kaninchen		Hund		Kaninchen		Hund	

Versuchsreihe 5.

Die Gewebsfermente wirken streng spezifisch auf die im Gewebe enthaltenen Brennstoffe. In den bisherigen Versuchen wurde der Abbau von Nährstoffen dadurch zur Untersuchung gebracht, daß man diese den Versuchsansätzen zufügte. Dadurch wird der Abbau für die übrigen im Gewebe enthaltenen Brennstoffe verschlechtert, nicht aber vollkommen aufgehoben. Uebersichtlichere Versuchsbedingungen gewinnt man nur dann, wenn die Fermente wegen Mangel an Brennstoffen nicht arbeiten können. Das erreicht man durch Auswaschen des Gewebes mit destilliertem Wasser. Da aber gleichzeitig die Mehrzahl der Fermente wasserlöslich ist und durch das Auswaschen aus dem Gewebe entfernt werden, können nur die Fermentreaktionen zur Untersuchung gebracht werden, die beim Auswaschen des Gewebes erhalten bleiben. Es sind das vor allem die den Abbau der Bernsteinsäure, Glyzerinphosphorsäure und Hexosediphosphorsäure katalysieren-

den Fermente. Wie Hahn und Haarmann[7]) dartun konnten, entsteht bei der Dehydrierung der Bernsteinsäure mit Methylenblau im ausgewaschenen Gewebe Fumarsäure, aus Hexosediphosphorsäure Brenztraubensäure. Glyzerinphosphorsäure wirkt gleichfalls als Wasserstoffdonator, wird aber nicht wie im ungewaschenen Gewebe in Brenztraubensäure umgewandelt.

In Versuchsreihe 5 kamen der Einfluß von Fluorid, Oxalat und Bromazetat auf die Bernsteinsäuredehydrase — Succinodehydrase — zur Untersuchung. Wie beim Abbau von Glukose durch Hirngewebe nimmt auch beim Bernsteinsäureabbau das Oxalat eine Sonderstellung ein. Es beeinflußt die Dehydrierungen der Bernsteinsäure ähnlich wie Fluorid den Glykogenabbau in keiner Konzentration. Fluorid und Bromazetat dagegen aktivieren in niedrigen Konzentrationen die Entfärbung des Methylenblaus durch Bernsteinsäure und hemmen in hohen Dosen.

Tabelle 5.

(Bernsteinsäure.)

Entfärbungszeit in Minuten.

Konz. d. Lösung:	Fluorid:		Oxalat:		Bromazetat:	
Kontroll-Versuch:	80	86	29	32	39	42
1 . 10^{-9}	33	67	29	32	39	44
1 . 10^{-8}	33	67	29	32	39	42
1 . 10^{-7}	33	67	29	33	36	38
1 . 10^{-6}	35	68	29	32	35	38
1 . 10^{-5}	36	69	29	32	34	34
1 . 10^{-4}	39	70	29	31	35	35
1 . 10^{-3}	58	72	29	32	36	36
1 . 10^{-2}	104	102	29	32	41	44
1 . 10^{-1}	120	110	29	32	76	67

Organ: ausgewaschener Muskel.

Versuchstier: Kaninchen.

Versuchsreihe 6.

Der Abbau durch Dehydrierung von Hexosediphosphaten im ausgewaschenen Gewebe setzt bei Methylglyoxal ein. Das End-

[7]) Hahn u. Haarmann: Zschr. f. Biol. 87, 107, 1928; 89, 159, 1929; 90, 231, 1930.

produkt der Dehydrierung ist die Brenztraubensäure. Die Milchsäure tritt dabei als Zwischenprodukt nicht auf, weil die Methylglyoxalase in Milchsäure überführt durch das Auswaschen des Muskels mit Wasser entfernt wird. Beim Zerfall des Hexosediphosphatmoleküls in Methylglyoxal wird anorganisches Phosphat frei. Die Phosphatabspaltung wird nach Haarmann durch Oxalat sehr stark, durch Fluorid nur wenig gehemmt. Bei Bromazetat ist auch die Phosphatabspaltung unbeeinflußt.

Ganz anders verhält sich die Entfärbung von Hexosediphosphat unter dem Einfluß der drei untersuchten Verbindungen. Bromazetat verzögert am stärksten in höheren Konzentrationen die Methylenblauentfärbung, etwas schwächer wirkt Fluorid, während Oxalat nur einen geringen Einfluß hat. Geht man mit der Konzentration herunter, so geht die Hemmungswirkung in eine Förderung der Methylenblauentfärbung über. Der Angriffspunkt von Fluorid, Oxalat und Bromazetat könnte entweder bei der Methylglyoxaldehydrase zu suchen sein oder bei den zum Methylglyoxal führenden Fermentreaktionen. Welcher dieser beiden Vorgänge betroffen ist, läßt sich durch die Versuche nicht entscheiden.

Tabelle 6.

(Hexosediphosphorsäure.)

Entfärbungszeit in Minuten.

Konz. d. Lösung:	Fluorid:		Oxalat:		Bromazetat:	
Kontroll-Versuch:	29	68	103	154	45	73
$1 . 10^{-9}$	29	40	101	153	45	72
$1 . 10^{-8}$	25	40	101	153	43	72
$1 . 10^{-7}$	23	40	99	152	42	69
$1 . 10^{-6}$	23	42	99	152	38	51
$1 . 10^{-5}$	24	40	36	87	25	38
$1 . 10^{-4}$	25	41	48	98	36	59
$1 . 10^{-3}$	26	43	60	112	53	81
$1 . 10^{-2}$	29	54	69	128	66	96
$1 . 10^{-1}$	107	165	115	167	196	206

Organ: ausgewaschener Muskel.

Versuchstier: Kaninchen Hund Kaninchen

Versuchsreihe 7.

Die Versuche mit Glyzerinphosphorsäure als Wasserstoffdonator bilden einen weiteren Beitrag für den völlig verschiedenen Wirkungsmechanismus von Fluorid, Oxalat und Bromazetat. Fluorid ist ohne Einfluß, Bromazetat gleichfalls. Hier tritt lediglich in den beiden höchsten Konzentrationen eine sehr starke Hemmungswirkung ein. Das Wirkungsbild von Oxalat endlich entspricht ganz der Arndt-Schulzschen Regel, indem kleine Dosen die Methylenblauentfärbung anregen und große sie, wenn auch nur wenig, hemmen.

Tabelle 7.

(Glyzerinphosphorsäure.)

Entfärbungszeit in Minuten.

Konz. d. Lösung:	Fluorid:		Oxalat:		Bromazetat:	
Kontroll-Versuch:	41	80	105	94	18	20
$1 . 10^{-9}$	40	82	97	93	18	21
$1 . 10^{-8}$	40	81	97	91	18	20
$1 . 10^{-7}$	40	80	86	91	18	20
$1 . 10^{-6}$	41	80	70	79	18	20
$1 . 10^{-5}$	40	80	71	79	18	20
$1 . 10^{-4}$	42	81	97	91	18	20
$1 . 10^{-3}$	41	80	97	93	18	20
$1 . 10^{-2}$	40	80	99	94	26	27
$1 . 10^{-1}$	41	80	115	105	223	220
Organ:	ausgewaschener Muskel.					
Versuchstier:	Kaninchen		Hund		Kaninchen	

Zusammenfassung.

Es wurde die Beeinflussung der Dehydrierungsvorgänge im Gewebe mit der Thunbergschen Methylenblaumethode durch Fluorid, Oxalat und Bromazetat untersucht. Die Versuche zeigen deutlich die gegensätzliche Wirkung hoher Konzentrationen und starker Verdünnungen. Kleine Dosen der genannten Verbindungen beschleunigen die Methylenblauentfärbung, große Dosen dagegen hemmen sie. Diese Umkehrwirkung von kleinen und großen Dosen tritt in Erscheinung bei allen untersuchten Fermentreaktionen, sie fehlt nur in einigen wenigen Fällen, in denen keine Einwirkung durch die genannten Stoffe sichtbar wird. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 8 übersichtlich zusammengefaßt.

Tabelle 8.

Untersuchte Substanzen:	Fluorid verd.	Fluorid konz.	Oxalat verd.	Oxalat konz.	Bromazetat verd.	Bromazetat konz.
1. Gesamtbrennstoffe des Gewebes	+	—	+	—	+	—
2. Milchsäure	+	—	+	—	+	—
3. Glykogen	Ø	Ø	+	—	+	—
4. Glukose (Herz, Niere)	+	—	+	—	+	—
5. Glukose (Hirn)	+	—	—	+	+	—
6. Bernsteinsäure	+	—	Ø	Ø	+	—
7. Hexosediphosphorsäure	+	—	+	—	+	—
8. Glyzerinphosphorsäure	Ø	Ø	+	—	Ø	—

Es bedeuten: + = Förderung;
— = Hemmung;
Ø = keine Einwirkung.

Lebenslauf.

Am 11. November 1902 wurde ich, Rudolf Baehrens, in Neuß a. Rh. geboren. Drei Jahre besuchte ich die Vorschule und 9 Jahre das staatliche Gymnasium in Neuß, wo ich Ostern 1921 das Reifezeugnis erhielt. Nach zweijähriger Tätigkeit als Volontär bei der Dresdener Bank in Neuß studierte ich in Bonn drei Semester Medizin, dann in Bonn und Köln Rechtswissenschaften. Im Wintersemester 1929/30 begann ich in Münster mit dem Studium der Zahnheilkunde, wo ich am 5. August 1930 die zahnärztliche Vorprüfung, am 22. Juni 1932 das Staatsexamen bestand.